*ПАРАЗИТОЛОГИЯ, 42, 2, 2008*

*УДК 634.1/7 : 631.467.2 : 578.08*

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ *STEINERNEMA CARPOCAPSAE* С ФАУНОЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ И ПРИРОДНЫМИ ПОПУЛЯЦИЯМИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД В БИОТОПЕ ПЛОДОВОГО САДА

**© Л. Г. Данилов, А. Г. Махоткин, С. В. Васильев, В. С. Турицин**

Всероссийский НИИ защиты растений, С.-Петербург

Поступила 10.05.2006

Изучено влияние нематод *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*» (Rhabditida: Steinernematidae) на численность членистоногих плодового сада, а также получены данные об особенностях экологии природных популяций энтомопатогенных нематод в присутствии нового для данного биотопа вида этих паразитов. При внесении нового вида нематод в дозе 500 тыс. инвазионных личинок на 1 м$^2$ поверхности почвы наблюдается максимальное снижение (до 50 %) общей численности насекомых фитофагов на обработанном участке, при этом не установлено отрицательного воздействия нематод на полезных членистоногих. Увеличение и уменьшение дозы нематод ведет к повышению численности фитофагов. Снижение эффективности воздействия нематод на численность вредных насекомых с увеличением дозы внесения инвазионных личинок указывает на существование регуляторных механизмов, определяющих оптимальные соотношения численности этих паразитов на микро- и макропопуляционных уровнях. Внесение нового для данного биотопа вида энтомопатогенных нематод сопровождается заметной активизацией природных популяций энтомопатогенных нематод в поверхностном слое почвы.

Внесение в почву значительных количеств энтомопатогенных нематод (ЭПН), имеющих широкий круг насекомых-хозяев (Gaugler, 1988), логически предполагает возможность негативного воздействия этих паразитов на почвенную фауну членистоногих. В связи с этим высказываются опасения о возможном неблагоприятном воздействии интродуцированных видов ЭПН на эндемичные виды этих гельминтов (Ehler, Hokkanen, 1996; Lenteren, 1997). Современный уровень практического использования ЭПН свидетельствует об актуальности исследований по изучению возможного воздействия на окружающую среду массового наводнения отдельных биотопов паразитами, патогенными для многих видов насекомых. В данной статье приведены результаты наших исследований по рассматриваемой проблеме.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При изучении особенностей взаимодействия нового для данного биотопа вида нематод с фауной членистоногих и природными популяциями ЭПН в качестве модельной использована культура нематод *Steinernema carpocapsae* штамм «*agriotos*», выделенная из личинок жуков щелкунов в Ленинградской обл. (Пойнар, Веремчук, 1970). Этот вид нематод не обнаруживается среди природных популяций ЭПН в Ростовской обл., где проводились полевые исследования. Наработка образцов и опытных партий культур нематод осуществлялась с использованием насекомых — гусениц старших возрастов большой вощинной моли (Dutky et al., 1964; Данилов, Карпова, 1992),

В процессе изучения влияния нового вида ЭПН на численность различных видов членистоногих плодового сада в присутствии природных популяций этих паразитов водную суспензию инвазионных личинок *S. carpocapsae* вносили весной на поверхность почвы приствольных кругов деревьев яблони путем опрыскивания из расчета 250 тыс., 500 тыс. и 1 млн инвазионных личинок на 1 м (опыт № 1). Учеты членистоногих в опытах осуществляли при помощи фотоэклекторов, устанавливаемых по одному под каждым учетным деревом сразу после внесения нематод (Сусидко, Махоткин, 1985). Листовой опад и другие растительные остатки при этом оставляли нетронутыми. Выборку уловов из фотоэклекторов проводили еженедельно на протяжении всего вегетационного периода. Одновременно заменяли фиксирующую жидкость (4%-ный формалин) в приемных камерах фотоэклекторов.

Исследования проводили в плодовых садах хозяйства «Виноградарь» (Ростовская обл.) в течение 3 лет (1992—1994 гг.) с повторением доз внесения нематод и со сменой учетных деревьев. Учитывали всех попавших в фотоэклекторы беспозвоночных.

При изучении особенностей взаимодействия нового вида ЭПН с природными популяциями этих паразитов инвазионные личинки *S. carpocapsae* из расчета 1 млн особей/м$^2$ были внесены осенью 1992 г. (сентябрь) в виде их водной суспензии путем опрыскивания поверхности почвы приствольных кругов яблоневого сада (опыт № 2). Характер распределения инвазионных личинок ЭПН в почве оценивали в 1993 г. (май). При этом учитывали численность нематод на 3 уровнях по глубине пахотного горизонта (5, 10 и 15 см) с помощью «живых ловушек» (Bedding, Akhurst, 1975), в качестве которых использовали гусениц большой вощинной моли, помещенных в чехлы из латунной сетки (Данилов, Карпова, 1990).

В опытах № 1 и 2 за повторность принимали поверхность почвы (4 м$^2$) приствольного круга одного дерева. Повторность в опытах 4-кратная. В контроле поверхность почвы опрыскивали водой без нематод.

Выделенные из почвы на биотест изоляты ЭПН идентифицированы на видовую принадлежность по морфометрическим показателям. Для этих целей различные фазы развития нематод фиксировали 5%-ным горячим формалином с проводкой в глицерин по методу Д. Сайнхорста (Seinhorst, 1959). Постоянные препараты изготавливали в глицерине с использованием парафиновых колец.

В процессе наблюдений за динамикой численности ЭПН в почве контролировались следующие параметры: место экспозиции (насекомые в сетчатом контейнере помещались прямо в почву); тип почвы по механическому составу; количество приманочных насекомых, в которых подсчитывалось общее число проникших из почвы нематод; температура и влажность почвы; длительность экспозиции (в сутках). На основании этих данных с использованием оригинальной методики, разработанной ВИЗР (Данилов и др. 1997; Сергеев, Данилов, 2002), судили о динамике численности ЭПН в почве.

Экспериментальные данные, получаемые в процессе исследований, подвергали статистической обработке.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщенные результаты трехлетних наблюдений за динамикой численности членистоногих в опыте № 1 показывают, что интродукция в почву плодового сада *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*» влияла на уровни численности членистоногих, разделенных нами на 4 группы в соответствии с их ролью в биоценозе плодового сада: фитофаги, хищники, паразиты и прочие членистоногие (преимущественно сапрофаги) (табл. 1).

В зависимости от применяемых норм внесения нематод отмечено достоверное повышение общего уровня численности членистоногих. Прежде всего обращает на себя внимание повышение уровня численности паразитов и паразитоидов по сравнению с представителями других экологических групп.

Численность фитофагов по всем вариантам опыта была существенно ниже, чем в контроле. Максимальное снижение общей численности фитофагов (до 50 %) наблюдалось при дозе 500 тыс. инвазионных личинок, а увеличение и уменьшение дозы нематод сопровождалась снижением эффективности воздействия нематод на динамику численности фитофагов.

Численность паразитических членистоногих при увеличении норм внесения нематод последовательно нарастала.

В отношении хищников и прочих членистоногих при дозе нематод 500 тыс. особей/м$^2$ отмечалось увеличение их численности по сравнению с контролем, тогда как при двух других дозах численность представителей этих групп несколько снижалась (рис. 1).

Несомненный интерес представляет анализ соотношений численности между различными группами членистоногих под воздействием нового вида нематод. На основании дисперсионного анализа экспериментальных данных установлено достоверное влияние дополнительного внесения в почву нового вида ЭПН на отношение хищники/фитофаги и прямая зависимость этого показателя от нормы внесения нематод (рис. 2). Установлено, что соот-

Таблица 1

Влияние различных норм внесения *Steinernema carpocapsae* штамм «*agriotos*» на уровни численности членистоногих

Table 1. Effect of various application rates of *Steinernema carpocapsae* strain «*agriotos*» on the density level of arthropods

| Группы членистоногих | Относительная численность членистоногих при разных нормах внесения нематод (% к контролю) | | |
|---|---|---|---|
| | 0.25 млн. нематод на 1 м$^2$ | 0.5 млн. нематод на 1 м$^2$ | 1.0 млн. нематод на 1 м$^2$ |
| Фитофаги | 78 ± 11 | 49 ± 12 | 82 ± 14 |
| Паразиты и паразитоиды | 92 ± 11 | 111 ± 23 | 158 ± 39 |
| Хищники | 70 ± 14 | 82 ± 13 | 72 ± 13 |
| Прочие членистоногие | 75 ± 7 | 90 ± 10 | 93 ± 24 |

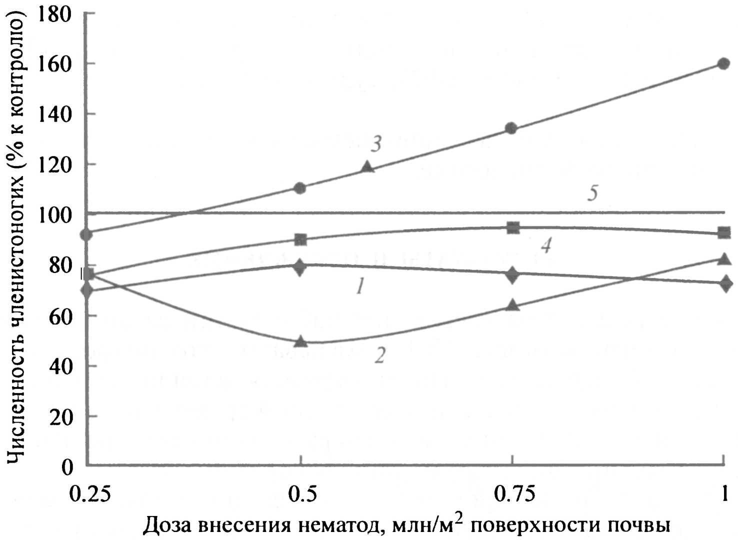

Рис. 1. Изменение уровня численности групп членистоногих (% к контролю) в зависимости от дозы внесения нематод в почву приствольных кругов яблоневого сада.

*1* — хищники; *2* — фитофаги; *3* — паразиты; *4* — прочие членистоногие; *5* — контроль.

Fig. 1. Density level of arthropod groups (% to control) according to the application rate of nematodes introduced into soil around apple trunks.

ношения хищники/фитофаги не различались при дозах нематод 250 тыс. и 1 млн/м$^2$, а существенные различия наблюдаются только при дозе 500 тыс. нематод.

При дозе 250 тыс. нематод/м$^2$ соотношение паразиты и паразитоиды/фитофаги было на уровне контрольных вариантов, существенно различались эти соотношения при двух других нормах внесения нематод, превышая в 1.5—2 раза аналогичные показатели в контрольном варианте. Соотношение показателей группы других членистоногих и хищников не претерпело значительных изменений при 3 дозах нематод.

Результаты трехлетних исследований позволяют сделать заключение, что для борьбы с вредными насекомыми в плодовом саду в качестве оптимальной может быть рекомендована норма внесения 500 тыс. нематод на 1 м$^2$ поверхности почвы и, что не менее важно, при этом не наблюдается отрицательного воздействия нематод на группы полезных членистоногих. По всей видимости, различия в реакции разных групп членистоногих на интродукцию в почвенный биоценоз нового вида нематод обусловлены сложными взаимоотношениями в природных условиях между ЭПН и членистоногими.

С другой стороны, снижение эффективности воздействия нематод на численность вредных насекомых с увеличением дозы нематод до 1 млн/м$^2$, указывает на существование механизмов, определяющих динамику численности этих паразитов на микро- и макропопуляционных уровнях.

Не касаясь всего комплекса экологических факторов, влияющих на жизнедеятельность инвазионных личинок нематод в почве, обратим особое внимание на поведение этой стадии развития нематод в случае значительного изменения в сторону увеличения их численности в почве.

Для эндопаразитов, каковыми являются штейнернематиды и гетерорабдитиды, организм хозяина служит средой их обитания. Взаимодействия

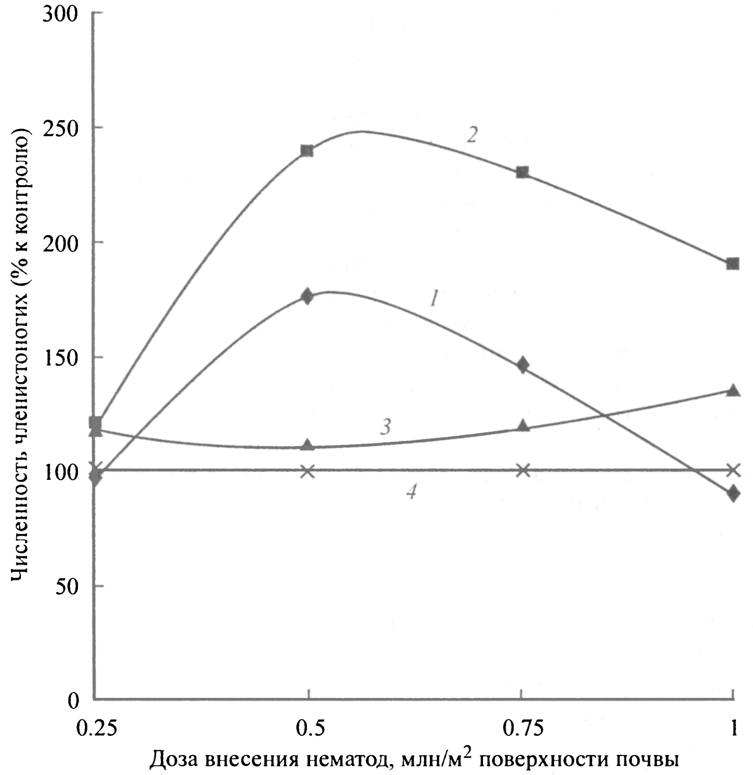

Рис. 2. Изменение нагрузки хищных и паразитических групп членистоногих (% к контролю) на насекомых фитофагов и пищевые резервы (прочие членистоногие) для хищников в зависимости от дозы внесения *Steinernema carpocapsae* в почву приствольных кругов плодовых деревьев.

*1* — отношение хищник/фитофаги; *2* — паразиты и паразитоиды/фитофаги; *3* — отношение хищники/другие членистоногие; *4* — контрольный вариант.

Fig. 2. Load of predatory and parasitic groups of arthropod (% to control) on phytophagous insects and food reserves (other arthropod) according to the application rate of *Steinernema carpocapsae* introduced into soil around fruit-tree trunks.

между паразитом и средой его обитания — хозяином приобретают иной характер, чем у обычных свободноживущих организмов (Догель, 1962), так как среда обитания паразита подразделяется на среду I порядка, т. е. хозяина, и среду II порядка, т. е. среду, окружающую хозяина. При изучении паразитарных отношений приходится иметь дело с двухсторонним влиянием организма на среду обитания и среды на организм в постоянном взаимодействии. Методы изучения этих взаимодействий отличаются от обычных экологических исследований и имеют свою специфику.

Жизненный цикл паразита и его взаимоотношения с хозяином Мошковский (1946) разбивает на 4 этапа: 1) внедрение паразита в организм хозяина, 2) развитие в организме хозяина, 3) выход паразита (в виде пропогативной стадии) из хозяина, 4) период пребывания или развития паразита во внешней среде.

Жизненный цикл ЭПН и отношения их с насекомыми-хозяевами мы рассматриваем в соответствии со схемой Мошковского, однако до этапа внедрения в хозяина должна произойти встреча паразита и хозяина во внешней среде, т. е. в среде обитания насекомого-хозяина. Успех встречи определяется абиотическими и биотическими факторами, поисковыми способностями отдельных видов нематод и особенностями поведения хозяина.

По-видимому, определяющая роль в поведении нематод в почве в присутствии насекомого-хозяина принадлежит комплексу факторов, и в первую очередь биологическим особенностям конкретного вида нематод, поведение которого, в том числе проявление инвазионной и миграционной активности, зависит, например, от оптимальных температурных условий для жизнедеятельности данного вида (Данилов и др., 1997; Турицин, Данилов 2002).

На основании наших многочисленных экспериментальных данных установлено, что при внесении в почву произвольно взятого количества инвазионных личинок, только определенная часть нематод способна к непосредственному активному поиску и заражению хозяина. Независимо от численности насекомых-хозяев в почве, в последних проникает не более 40 % инвазионных личинок нематод, находящихся в зоне обитания насекомых. Остальные нематоды, вероятно, инактивируются и не инвазируют насекомого-хозяина. Оставшаяся часть нематод (ее можно рассматривать как «страховой запас» популяции) не участвует в процессе инвазирования хозяев (Данилов, 2001).

При высокой численности нематод в зоне обитания насекомого наблюдается и более интенсивное их проникновение в тело хозяина. В результате резкого возрастания численности микропопуляции нематод внутри тела хозяина отмечается существенное снижении их плодовитости в первом поколении (поколении гигантских форм), что сопровождается значительным уменьшением количества инвазионных личинок нематод, мигрирующих из зараженного трупа в окружающую среду (Данилов, 1980). Таким образом, уже на микропопуляционном уровне начинают включаться механизмы регуляции численности нематод и поддержания ее на оптимальном уровне в определенном объеме почвы.

В среде обитания II порядка, т. е. вне тела насекомого-хозяина в почве, с возрастанием плотности популяции инвазионных личинок выше оптимальной начинают действовать факторы, регулирующие поведение и инвазионную активность нематод на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что бóльшая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние. На существовании такой закономерности указывают также и экспериментальные данные, когда при одинаковой численности инвазионных личинок в почвенных образцах наблюдается существенное снижение интенсивности инвазирования ими хозяина с уменьшением объема почвенных образцов (Данилов и др., 1997). Можно предположить, что в малом объеме почвы с увеличением численности инвазионных личинок на единицу объема почвы начинают действовать факторы, определяющие поведение инвазионных личинок нематод в среде II порядка на макропопуляционном уровне.

Подтверждением высказанной нами гипотезы служат и результаты, полученные и в других полевых опытах в процессе испытаний нематод против капустных мух на капусте и грибных комариков на шампиньонах. С увеличением численности инвазионных личинок на единицу поверхности почвы во всех случаях мы не отмечали повышения эффективности действия нематод на целевой объект (Данилов, 2001).

Положительное влияние дополнительного внесения нового вида нематод в природные популяции этих паразитов на увеличение численности паразитов и паразитоидов мы рассматриваем в связи с особенностями биологии ЭПН; поведением насекомых-хозяев после заражения их нематодами и биологией развития нематод в теле насекомого-хозяина; поведением отдельных видов энтомофагов. Насекомое, зараженное нематодами, в зависимости от численности инвазионных личинок, проникших в его тело, и температуры окружающей среды, способно выживать от нескольких часов до нескольких дней (от 2 до 7). При этом поведение такого насекомого существенно отличается от поведения здорового насекомого. По нашим наблюдениям (неопубликованные данные), например, зараженные нематодами личинки щелкунов — проволочники выползают на поверхность почвы, т. е. становятся более доступными к поражению их энтомофагами. С другой стороны, энтомофаги, отложившие яйца в таких насекомых, не могут быть поражены нематодами внутри тела насекомого в течение последующих 10—15 дней, поскольку в течение этого периода времени внутри тела насекомого происходит развитие нематод, и их заражающие (инвазионные) стадии отсутствуют. Это может позволить энтомофагу успешно завершить цикл своего развития в теле насекомого.

Весной 1993 г. отмечена существенная активизация природных популяций гельминтов в поверхностном слое почвы (опыт № 2), где была проведена дополнительная колонизация нового вида нематод осенью 1992 г. по сравнению с участками, где природные популяции нематод оставались в своем естественном состоянии.

Результаты идентификации ЭПН, отловленных на тест-насекомых, показали отсутствие в пробах нематод *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*». В то же время в пробах обнаруживаются виды из природных популяций ЭПН, относящиеся к семействам Steinernematidae и Heterorhabditidae (табл. 2, 3). Отсутствие же нового вида в пробах на биотест свидетельствует, вероятно, о большей приспособленности природных популяций нематод к конкретным экологическим условиям данного биотопа. Нельзя не отметить и влияние нового вида на характер распределения по почвенному профилю природных популяций нематод, относящихся к различным семействам. Гетерорабдитиды, как следует из табл. 3, преобладают в поверхностном слое почвы и отсутствуют на глубине почвенного профиля ниже 10 см. Штейнернематиды же отлавливаются по всему почвенному профилю с явным преобладанием на глубине ниже 10 см. Преобладание гетерорабдитид в поверхностном слое почвы, возможно, объясняется более высоким температурным порогом проявления жизнедеятельности у них по сравнению со штейнернематидами.

Таблица 2

Количество инвазионных личинок энтомопатогенных нематод, отловленных в почве на биотест (*Galleria mellonella*) после внесения водной суспензии нематод *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*», на поверхность почвы приствольных кругов яблоневых деревьев

Table 2. Amount of invasive nematode larvae indicated by biotest method (*Galleria mellolella*) after the application of aqua suspension with nematode *Steinernema carpocapsae* strain «*agriotos*» on soil surface around apple trunks

| Варианты | Глубина пахотного горизонта, см | | |
|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 |
| Контроль — природные популяции нематод | 97.3 ± 10.7 | 40.0 ± 5.3 | 180.0 ± 27.8 |
| Природные популяции нематод + новый вид нематод (*S. carpocapsae*) | 283.3 ± 31.4 | 146.6 ± 10.3 | 66.6 ± 15.1 |

Таблица 3

Распределение (%) инвазионных личинок энтомопатогенных нематод различных семейств в почве яблоневого сада

Table 3. Distribution (%) of entomopathogenic invasive nematode larvae from different families in the apple orchard soil

| Варианты | Глубина почвенного горизонта, см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | | 10 | | 15 | |
| | $1^{x}$ | $2^{x}$ | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Природные популяции нематод | 68.5 ± 4.6 | 31.5 ± 5.3 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| Природные популяции нематод + новый вид (*S. carpocapsae*) | 52 ± 10.4 | 48.0 ± 9.5 | 9.6 | 90.4 ± 8.3 | 0 | 100 |

Примечание. $1^{x}$ — виды нематод сем. Heterorhabditidae; $2^{x}$ — виды нематод сем. Steinernematidae.

Аналогичные закономерности воздействия нового вида энтомопатогенных нематод на активизацию природных популяций этих паразитов, отмечается и другими исследователями (Санднер и др., 1988; Millar, Barbarchek, 2001). Отсутствие в пробах на биотест («растворение») интродуцированного вида некоторые авторы объясняют и большими возможностями гибридизации между различными штаммами энтомопатогенных нематод с образованием фенотипического многообразия одного вида в естественных условиях (Gaugler et al., 1989). Однако, по нашему мнению, наблюдаемое «растворение» нового вида следует рассматривать прежде всего в связи с особенностями поведения отдельных видов нематод, присутствующих в одном биотопе, и их различий по инвазионной активности в отношении видов тест-насекомых, используемых в качестве живой приманки при отлове нематод из почвы (Турицин, Данилов, 2001).

Несомненный научный и практический интерес в связи с рассматриваемой проблемой представляют также и сведения о возможной численности природных популяций ЭПН в почве отдельных биотопов.

В результате обследования яблоневых и алычовых садов совхоза «Виноградарь» нами (Данилов, 2005) были получены данные, статистическая обработка которых с использованием метода, разработанного ВИЗР (Сергеев, Данилов, 2002), позволила установить, что численность нематод в почве яблоневых садов 6—8-летней посадки составляет от 0.11 до 0.4 экз. на 1 $см^3$ почвы. В садах с возрастом деревьев до 14 лет численность нематод в почве приствольных кругов возрастает до 0.9—1.9 экз. на 1 $см^3$ почвы, что в пересчете на 1 $м^2$ поверхности почвы при глубине пахотного горизонта 30 см составляет от 270—500 тыс. инвазионных личинок.

Сопоставляя данные о численности естественных популяций нематод с возможной их численностью в искусственном очаге, созданном за счет внесения известного количества нематод в почву, можно сделать вывод о достаточно высокой численности нематод в природных популяциях. При обследовании пахотных почв на полях, занятых под сахарной свеклой, озимой пшеницей и ячменем в условиях интенсивного применения пестицидов и удобрений, по определению Д. Штурхана (Sturhan, 1996), численность ЭПН достигала 130 тыс. инвазионных личинок на 1 $м^{2\cdot}$ Полученные нами данные о высокой численности ЭПН в почвах обследуемых садов служат хорошим информационным дополнением к уже известным данным по рассматриваемому вопросу.

## ВЫВОДЫ

1. При оптимальной норме внесения в почву инвазионных личинок ЭПН (500 тыс./м$^2$) наблюдается существенное снижение (до 50 %) общей численности насекомых-фитофагов.

2. Численность хищных членистоногих при всех нормах внесения нематод снижается не более, чем на 20 %—30 % по сравнению с контролем.

3. Численность паразитов и паразитоидов при увеличении норм внесения нематод последовательно нарастает.

4. Снижение эффективности воздействия нематод на численность хищных насекомых с увеличением нормы внесния нематод указывает на существование регуляторных механизмов, определяющих оптимальные соотношения численности этих видов на микро- и макропопуляционных уровнях.

5. Внесение нового для данного биотопа вида ЭПН сопровождается повышением инвазионной активности популяций природных видов этих паразитов в отношении насекомых хозяев.

6. В почве приствольных кругов плодовых деревьев присутствуют природные популяции различных видов ЭПН при численности, которая может значительно превышать численность вносимых в почву нематодных препаратов в нормах расхода, рекомендуемых к применению.

## Список литературы

Данилов Л. Г. Особенности инвазирования и последующего развития нематод Neoaplectana carpocapsae штамм «agriotos» в насекомых при свободном контакте паразита с хозяином // Гельминты насекомых. М.: Наука, 1980. С. 42—46.

Данилов Л. Г. Биологические основы применения энтомопатогенных нематод (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) в защите растений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2001. 46 с.

Данилов Л. Г. Особенности экологии и распространения энтомопатогенных нематод в различных экосистемах // Вестн. защиты растений. 2005. Т. 1. С. 18—26.

Данилов Л. Г., Карпова Е. В. Испытание энтомопатогенных нематод против саранчовых // Защита растений. 1990. Т. 7. С. 34—35.

Данилов Л. Г., Карпова Е. В. Устройство для культивирования энтомопатогенных нематод родов Neoaplectana и Heterorhabditis. Авторское свидетельство № 1768090 от 15 июня 1992.

Данилов Л. Г. Карпова Е. В., Сергеев Г. Е. Влияние абиотических и биотических факторов на эффективность отлова штейнернематид и гетерорабдитид из почвы // Сб. науч. тр. БелНИИЗР. Минск. 1997. Т. 20. С. 85—95.

Догель В. А. Общая паразитология. Перераб. и дополн. Ю. И. Полянским и Е. М. Хейсином. Л., 1962. 464 с. (с илл.).

Санднер Х., Каменек М., Беднарек А., Позович Э. Персистентность и эффективность энтомопатогенных нематод в биоценозе леса // Матер. симпоз. ВПС2 — МОББ. Познань, 1988. С. 138—250.

Сергеев Г. Е., Данилов Л. Г. Метод учета численности энтомопатогенных нематод в почве путем вылова на приманочное насекомое // Вестн. защиты растений. 2002. Т. 2. С. 38—45.

Сусидко П. И., Махоткин А. Г. Простой и удобный фотоэклектор // Защита растений. 1985. Т. 11. С. 35.

Турицин В. С., Данилов Л. Г. Особенности экологии энтомопатогенных нематод семейства Steinernematidae (Nematoda: Rhabditida) // Вестн. защиты растений. 2002. Т. 3. С. 27—39.

Пойнар Дж. О., Веремчук Г. В. Новый штамм энтомопатогенных нематод и географическое распространение Neoaplectana carpocapsae Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) // Зоол. журн. 1970. Т. 49, вып. 7. С. 966—969.

Мошковский Ш. Д. Функциональная паразитология. Очерки 1, 2 и 3 // Мед. паразитол. болезни. 1946. Т. 15, вып. 4. С. 22—36; вып. 5, С. 28—42; вып. 6. С. 3—19.

Bedding R. A., Akhurst R. J. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil // Nematologica. 1975. Vol. 21, N 1. P. 109—110.

Dutky S. R., Thompson J. V., Cantwel G. E. A technique for the mass propogation oe the DD-36 nematode // Journ. Insect Pathol. 1964. Vol. 6, N 4. P. 417—422.

Ehler R. U., Hokkanen H. M. Insect biocontrol with non-endemic entomopathogenic nematodes (Steinernema and Heterorhabditis spp.) : Conclusions and recommendations for a combined OECD and COST workshop on scientific and regulatory policy issues // Journ. Econ. Entomol. 1996. Vol. 81. P. 295—302.

Gaugler R. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting pests with entomopathogenic nematodes // Agric. Ecosist. Environ. 1988. Vol. 24. P. 351—360.

Gaugler R., Campbel J. McGuire T. Selection for host-finding in Steinernema feltiae // Journ. Invertebr. Pathol. 1989. Vol. 54. P. 363—372.

Lenteren Van J. C. Benefits and risks of introducing exotic macrobiological control agents into Europe // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 1997. Vol. 27. P. 15—27.

Millar L. C., Barbercheck M. E. Interaction between endemic and introduced entomopathogenic nematodes in conventional-till and no-till corn. // Biological Control. 2001. Vol. 22. P. 235—245.

Seinhorst J. W. A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin // Nematologica. 1959. Vol. 4, N 1. P. 67—69.

Sturhan D. Jareszeitliches Vorkommen, Horizontal- und Vertikalverteilung entomopathogener Nematoden auf einer Ackerflache // Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem. 1996. Bd 317. S. 35—45.

# INTERACTION BETWEEN STEINERNEMA CARPOCAPSAE WITH THE ARTHROPODE FAUNA AND NATURAL POPULATIONS OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES IN ORCHARD BIOTOPE

L. G. Danilov, A. G. Makhotkin, S. V. Vasiliev, V. S. Turitsyn

*Key words*: entomopathogenis nematodes, Steinernematidae, arthropods, native populations.

## SUMMARY

The introduction of a novel entomopathogenis nematode *Steinernema carpocapsae* strain «*agriotos*» (Rhabditida: Steinernematidae) into the soil of an orchard resulted in the reduction (up to 50 %) of total amount of phytophagous insects. No negative effect on the groups of beneficial arthropods, caused by the nematode, has been found. Recommended optimal application rate is 500 thousand invasive nematode larvae per 1 m$^2$ of the soil. Increase or decrease of the application rate resulted in the rise of the abundance of phytophagous insects. This fact proved the existence of regulating factors determining optimal ratios of the amounts of parasites at micro- and macro-levels. Activation of native populations of entomopathogenic nematodes in soil surface layer has been observed after the introduction of the novel parasite species.